

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
3. April 2003 (03.04.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/027452 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F01N 3/029**,
3/08, 3/20, B01D 53/32, 53/94, F01N 3/035

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **PFENDTNER, Reinhard** [DE/DE]; Buchstrasse 28, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE). **HARTHERZ, Patrik** [DE/DE]; Brandenburger Strasse 9, 71640 Ludwigsburg (DE). **ORLANDINI, Igor** [HR/DE]; Goeppinger Strasse 19, 70329 Stuttgart (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE02/02572**

(22) Internationales Anmeldedatum:

10. Juli 2002 (10.07.2002)

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, KR, PL, US.

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

101 42 800.6 31. August 2001 (31.08.2001) DE

Veröffentlicht:

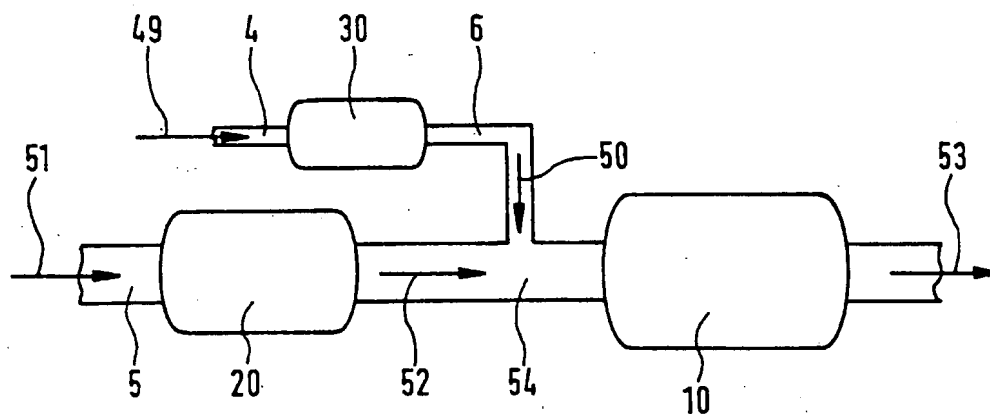
— mit internationalem Recherchenbericht

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: **DEVICE AND METHOD FOR EXHAUST GAS AFTER-TREATMENT**

(54) Bezeichnung: **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR ABGASNACHBEHANDLUNG**



(57) Abstract: A device and a method for the after-treatment of the exhaust gases of an internal combustion engine are disclosed, with an ozone reactor for the release of ozone into the exhaust at a release point, whereby an oxidation reactor (20) is arranged before the release point (54) for the at least partial oxidation of nitrogen oxides and/or hydrocarbons. The oxidation reactor is active, independently of the operating status of the internal combustion engine, in particular even with the exhaust temperatures on start up, or during the warm-up phase of the internal combustion engine.

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Vorrichtung beziehungsweise ein Verfahren zur Nachbehandlung des Abgases einer Brennkraftmaschine vorgeschlagen, mit einem Ozonreaktor zur Abgabe von Ozon an das Abgas an einer Abgabestelle, wobei vor der Abgabestelle (54) ein Oxidationsreaktor (20) zur zumindest partiellen Oxidation von Stickoxiden und/oder Kohlenwasserstoffen angeordnet ist, wobei der Oxidationsreaktor unabhängig vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine, insbesondere auch bei einem Start oder bei in der Aufwärmphase der Brennkraftmaschine herrschenden Abgastemperaturen, aktiv ist.

WO 03/027452 A1

5

Vorrichtung und Verfahren zur Abgasnachbehandlung

Stand der Technik

10

Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung beziehungsweise einem Verfahren zur Nachbehandlung des Abgases einer Brennkraftmaschine nach der Gattung der unabhängigen Ansprüche. Es ist schon eine Vorrichtung zur

15 Abgasnachbehandlung aus der DE 199 04 068 bekannt, bei der von einem Ozonreaktor produziertes Ozon in den Abgastrakt einer Brennkraftmaschine eingeführt wird, bei der jedoch bei niedrigen Temperaturen eine Verbrennung von Dieselschlack nicht sichergestellt ist, weil der dem Partikelfilter

20 vorgeschaltete Oxidationskatalysator bei niedrigen Temperaturen, insbesondere unterhalb einer Abgastemperatur von 250 Grad Celsius, keine Stickoxide oxidiert und damit das vom Ozonreaktor gelieferte Ozon von den Stickoxiden

25 wegreaktiert wird, so dass es keine Wirkung als Oxidans im Partikelfilter entfalten kann.

Vorteile der Erfindung

30

Die erfindungsgemäße Vorrichtung beziehungsweise das erfindungsgemäße Verfahren haben demgegenüber den Vorteil, auch bei niedrigen Abgastemperaturen, insbesondere bei Abgastemperaturen unterhalb von 250 Grad Celsius, also unter Kaltstartbedingungen, eine Russverbrennung sicherzustellen.

35 Darüber hinaus gewährleistet die Bereitstellung zweier separater Pfade zur Oxidation von Stickoxiden

beziehungsweise zur Bereitstellung von Ozon eine energetisch günstige Vorgehensweise, weil zur Oxidation der Stickoxide kleinere Energiemengen ausreichen als sie zur Ozonerzeugung notwendig sind und durch die Separation jeder Pfad für sich energetisch optimiert werden kann.

Insbesondere vorteilhaft ist es, als Abgasreinigungseinheit einen Partikelfilter nachzuschalten, dessen Regeneration durch die erfindungsgemäße Kombination eines Ozonreaktors mit einem Plasmareaktor in jedem Betriebszustand des Motors sichergestellt wird.

Weitere Vorteile ergeben sich durch die weiteren in den abhängigen Ansprüchen und in der Beschreibung genannten Merkmale.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Die einzige Figur 1 illustriert eine Vorrichtung beziehungsweise ein Verfahren zur Abgasnachbehandlung unter Verwendung zweier separater Pfade zur Oxidation von Stickoxiden beziehungsweise zur Erzeugung von Ozon.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 ist ein Ozonreaktor 30 dargestellt, der eingangsseitig mit einer Luftzufuhrleitung 4 zur Zufuhr von Luft 49 und ausgangsseitig mit einer Ozonleitung 6 zur Einspeisung ozonangereicherter Luft 50 in eine Abgasleitung 5 an einer Abgabestelle 54 verbunden ist. Die Abgasleitung 5 ist mit einer nicht dargestellten Brennkraftmaschine, insbesondere Dieselmotorkraftmaschine, verbindbar zum Abtransport des Abgases 51. Vor der Abgabestelle 54 ist in

der Abgasleitung 5 ein Plasmareaktor 20 angeordnet. Im Plasmareaktor 20 aufbereitetes Abgas 52 vermischt sich an der Abgabestelle 54 mit der ozonangereicherten Luft 50 und durchströmt die als Partikelfilter ausgeführte

5 Abgasnachbehandlungseinheit 10. Hinter der Abgasnachbehandlungseinheit verlässt gereinigtes Abgas 53 die Vorrichtung. Sowohl der Ozonreaktor 30 als auch der Plasmareaktor 20 sind Reaktoren zur Erzeugung eines nicht-

10 thermischen Plasmas, das heisst eines Gases mit relativ kalten Ionen und heissen freien Elektronen, das heisst Elektronen mit hoher Geschwindigkeit, so dass insbesondere Sauerstoffradikale entstehen und Sauerstoffmoleküle sowie Stickstoffmonoxid zu Ozon beziehungsweise Stickstoffdioxid oxidiert werden können. Das Plasma wird hierbei in an sich

15 bekannter Weise in einer stillen elektrischen Entladung (Corona-Entladung oder dielektrisch behinderte Entladung) zwischen zwei Elektroden erzeugt, durch die das zu behandelnde Gas hindurchströmt und zwischen denen ein elektrisches Hochspannungswechselfeld angelegt werden kann.

20 Dabei ist mindestens eine Elektrode mit einem Dielektrikum belegt und/oder die Elektrodengeometrie so gewählt, dass Feldinhomogenitäten resultieren, die eine durchgängige und andauernde Funkenentladung unterbinden, so dass sich die schweren Teilchen, also die Ionen, nicht erwärmen können und

25 sich lediglich die erwünschten stillen Entladungen zur Beschleunigung der Elektronen einstellen.

Aufgrund niedriger thermischer Stabilität von Ozon wird dieser reaktive Stoff in einem separaten Luftnebenstrang (4,

30 30, 6), dessen Temperatur ungefähr der Aussentemperatur des die Brennkraftmaschine enthaltenden Kraftfahrzeugs entspricht, durch Oxidation des Luftsauerstoffs erzeugt. Um Ozonverluste durch die Oxidation von im Dieselabgas 51 enthaltener Stickoxide und enthaltener Kohlenwasserstoffe zu

35 vermeiden, ist der Plasmareaktor 20 zwischen Brennkraftmaschine und Abgabestelle 54 vorgesehen. Er

oxidiert die im Abgas enthaltenen Kohlenwasserstoffe
zumindest partiell, ebenso wird Stickstoffmonoxid zu
Stickstoffdioxid oxidiert. Diese Oxidationsprozesse sowohl
im Ozonreaktor 30 als auch im Plasmareaktor 20 werden durch
5 die stillen elektrischen Entladungen, die sich in Zeiträumen
von zirka 50 Nanosekunden Dauer entlang einzelner
fadenförmiger Bereiche zwischen den Elektroden erstrecken,
herbeigeführt. Dabei entsteht auch UV-Licht, das die
Oxidationsvorgänge zusätzlich unterstützt. Die in den
10 Plasmareaktor einzuspeisende elektrische Energie ist
geringer als die für den Ozonreaktor 30 erforderliche,
insbesondere reichen also beim Plasmareaktor 20 kleinere
Feld- und damit Spannungsamplituden, um die pro Zeiteinheit
anfallenden Stickstoffmonoxide zu oxidieren. Durch die
15 Umwandlung der Stickoxide in Stickstoffdioxid vor der
Ozonzugabe bleibt das erzeugte Ozon im Abgasstrang bis zum
Dieselpartikelfilter in vollem Umfang erhalten. Damit kann
Ruß im Dieselpartikelfilter mit Hilfe des Ozons insbesondere
in kontinuierlicher Betriebsweise zu Kohlendioxid oxidiert
20 werden.

In alternativen Ausführungsformen können der Ozon- und/oder
der Plasmareaktor auch Elektrodenanordnungen enthalten, bei
denen beide Elektroden mit einem Dielektrikum belegt sind
25 (zweiseitig statt einseitig dielektrisch behinderte
elektrische Entladung). Alternativ kann die Behinderung der
elektrischen Entladung zur Erzielung stiller Entladungen
auch durch geeignete Elektrodengeometrien erreicht werden,
die Feldinhomogenitäten verursachen und damit durchgängige
30 Funkenentladungen verhindern. Dies gewährleistet
beispielsweise eine zylindrische Elektrodenanordnung, bei
der die eine Elektrode als Stab konzentrisch in einem vom
Gas durchströmten Zylinder, der die zweite Elektrode bildet,
angeordnet ist. Alternativ kann auch statt einer
35 elektrischen Wechselspannung im Kilohertz-Bereich eine
gepulste Gleichspannung angelegt werden; hierbei muss dann

allerdings ein Puls-Pause-Verhältnis vorgesehen werden,
dessen minimaler Wert durch die Strömungsgeschwindigkeit des
Abgases und dessen maximaler Wert durch die benötigte
Zeitdauer vorgegeben wird, in der sich die auf einem
5 verwendeten Dielektrikum befindlichen Elektronen wieder
gleichmässig verteilen können. In einer weiteren
alternativen Ausführungsform kann als Ozon- und/oder als
Plasmareaktor auch eine Anordnung vorgesehen sein, die als
wesentliches Element zur Anregung von Oxidationsvorgängen
10 eine UV-Lampe aufweist.

5

Ansprüche

1. Vorrichtung zur Nachbehandlung des Abgases einer Brennkraftmaschine, mit einem Ozonreaktor zur Abgabe von Ozon an das Abgas an einer Abgabestelle, dadurch gekennzeichnet, dass vor der Abgabestelle (54) ein Oxidationsreaktor (20) zur zumindest partiellen Oxidation von Stickoxiden und/oder Kohlenwasserstoffen angeordnet ist, wobei der Oxidationsreaktor unabhängig vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine, insbesondere auch bei einem Start oder bei in der Aufwärmphase der Brennkraftmaschine herrschenden Abgastemperaturen, aktiv ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Oxidationsreaktor ein Plasmareaktor (20) ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Plasmareaktor ein Reaktor zur Erzeugung eines nichtthermischen Plasmas ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das nichtthermische Plasma mittels einer elektrischen Entladung und/oder einer UV-Lampe erzeugt wird.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Entladung eine stille elektrische Entladung ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die stille elektrische Entladung eine dielektrisch behinderte elektrische Entladung ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Ozonreaktor (30) durch einen weiteren Plasmareaktor gebildet ist.

5

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der weitere Plasmareaktor ein Reaktor zur Erzeugung eines nichtthermischen Plasmas ist.

10

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Strömungsrichtung des Abgases hinter der Abgabestelle eine Abgasreinigungseinheit angeordnet ist.

15

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgasreinigungseinheit ein Partikelfilter (10) ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Partikelfilter katalytisch beschichtet ist.

20

12. Verfahren zur Nachbehandlung des Abgases einer Brennkraftmaschine, bei dem dem zu reinigenden Abgas Ozon zugesetzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass vor der Zusetzung des Ozons im Abgas enthaltene Stickoxide und/oder unverbrannte Kohlenwasserstoffe nachmotorisch zumindest teilweise oxidiert werden, wobei die Oxidation unabhängig vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine, insbesondere auch bei einem Start oder in der Aufwärmphase der Brennkraftmaschine herrschenden Abgastemperaturen, erfolgt.

25

1/1

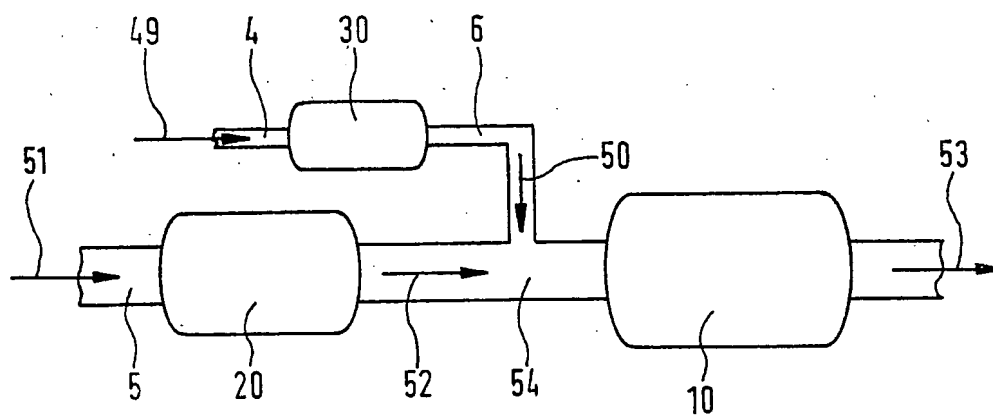


FIG. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 02/02572

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F01N3/029 F01N3/08 F01N3/20 B01D53/32 B01D53/94
F01N3/035

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F01N B01J B01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 020 620 A (VOLKSWAGENWERK AG) 19 July 2000 (2000-07-19) paragraph '0020!; figure 1 ---	1
A	DE 197 50 178 A (AFFONSO KARIN ;AFFONSO ALVARO PROF DR (DE)) 20 May 1999 (1999-05-20) column 1, line 44 -column 160 -----	1,4



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 November 2002

Date of mailing of the international search report

26/11/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Tatus, W

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/DE 02/02572

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 1020620	A	19-07-2000	DE	19900967 A1	20-07-2000
			EP	1020620 A1	19-07-2000
DE 19750178	A	20-05-1999	DE	19750178 A1	20-05-1999
			DE	19849215 A1	27-04-2000

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 02/02572

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 F01N3/029 F01N3/08 F01N3/20 B01D53/32 B01D53/94
F01N3/035

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F01N B01J B01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 020 620 A (VOLKSWAGENWERK AG) 19. Juli 2000 (2000-07-19) Absatz '0020!; Abbildung 1 ----	1
A	DE 197 50 178 A (AFFONSO KARIN ;AFFONSO ALVARO PROF DR (DE)) 20. Mai 1999 (1999-05-20) Spalte 1, Zeile 44 -Spalte 160 -----	1,4



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

8. November 2002

Absenddatum des Internationalen Recherchenberichts

26/11/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Tatus, W

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Akkennzeichen

PCT/DE 02/02572

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1020620	A	19-07-2000	DE 19900967 A1	20-07-2000
			EP 1020620 A1	19-07-2000
DE 19750178	A	20-05-1999	DE 19750178 A1	20-05-1999
			DE 19849215 A1	27-04-2000